

COCINA SOLAR EN CONSTRUCCIÓN METÁLICA PARA INSTALACIÓN PERMANENTE EN EL AMBIENTE EXTERIOR

Gustavo Tormo *, César Quintana **, Alejandro D. González ***

* Calle 15, 993, barrio Casa de Piedra, 8400 Bariloche, Río Negro

** Nicolás Levalle 22, 8400 Bariloche, Río Negro

*** Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), CONICET y Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche. 8400 Bariloche, Río Negro

e-mail: gustavotormo@yahoo.com.ar; cesarpo72@hotmail.com; gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar

RESUMEN: Se construyó una cocina solar de caja con el objetivo de integrarla al ambiente exterior de una vivienda del periurbano de Bariloche. Se utilizó una estructura metálica de chapa, en doble pared, el interior de acero inoxidable y con aislamiento térmico de reciclados de tela. Se instaló una tapa protectora con un espejo como reflector. La cocina tiene capacidad para 4 ollas, y se integró a una mesa móvil para su orientación. Se realizaron cocciones de una amplia variedad de alimentos y de horneado de pan, con temperaturas máximas entre 130°C y 155°C. Las prestaciones de esta cocina solar son comparables a otros modelos contruidos en madera, aunque su durabilidad puede ser mucho mayor. Como contraparte, el costo fue alto y el peso del equipamiento puede ser un factor limitante para el uso por un público general. Se concluye que esta opción constructiva involucra ventajas y desventajas que deben evaluarse en detalle antes de decidir su fabricación.

Palabras clave: Cocción solar – Construcción metálica – Durabilidad – Zona Fría Patagónica

INTRODUCCIÓN

En trabajos previos, mostramos la factibilidad de la cocción solar en la ciudad de Bariloche, situada en zona fría de la Patagonia Andina (González y Crivelli, 2007 y 2008). Las cocinas ensayadas fueron de tipo caja, de madera, y aisladas con cartón o con lana de vidrio. Estos modelos funcionaron satisfactoriamente para la cocción y horneado de una amplia variedad de alimentos. Sin embargo, la estructura de madera ha mostrado daños debidos a la humedad, ya sea por condensación interior o por agentes externos.

Esteves et al. (2008), investigaron el daño producido en hornos solares de madera de hasta 8 años de uso en Mendoza, encontrando daños por uso y condensación pero que no afectaron significativamente las prestaciones térmicas. De todos modos, en climas lluviosos y húmedos como los de la Patagonia Andina en invierno y parte de la primavera y otoño, la ubicación de la cocina solar en un ambiente exterior puede conducir a daños serios. Este período se caracteriza por nevadas, heladas, y por las máximas precipitaciones pluviales anuales (SMN, 2010). Si bien los daños climáticos son evitables con el simple manejo de proteger la cocina bajo techo, es importante notar que en muchos casos la disponibilidad de espacios libres es mínima o nula, y entonces se ha observado reiteradamente el daño climático de cocinas solares de madera. Las cajas de madera sin protección adecuada no son aptas para una ubicación permanente en el exterior, al menos en climas en donde se conjugan la humedad con las heladas frecuentes.

Con la intención de instalar una cocina solar en forma permanente en el exterior en Bariloche, se experimentó con un modelo completamente construido en materiales metálicos de alta durabilidad. Se trata de una cocina solar tipo caja, de diseño muy similar a los de madera estudiados previamente (González y Crivelli, 2008).

En esta comunicación se dan detalles constructivos y de costos de fabricación, funcionalidad en la cocción y horneado solar, y se informa sobre las ventajas y desventajas de esta cocina solar metálica.

MATERIALES Y MÉTODO

Descripción de la cocina solar

En las Figuras 1a) y 1b) se muestra la cocina solar terminada. La caja interior está construida en chapa de acero inoxidable calibre 18 (1,4 mm de espesor), con uniones soldadas. La cocina solar cuenta con doble pared para situar el aislante térmico, con una separación de 80 mm en laterales y parte inferior. Las chapas de acero inoxidable fueron soldadas con la técnica TIG, sellando posibles fugas de humedad hacia el aislante. La caja exterior es de chapa de hierro, también de 1,4 mm de espesor. La estructura es auto portante, y la caja interior se soporta de la parte superior por medio de una pestaña remachada que permite el eventual desarme. Esta unión implica un puente térmico que no se resolvió en el presente modelo. En la parte inferior, entre las dos paredes, se situaron 3 soportes de 80 mm de altura para reforzar el piso donde se sitúan las ollas.

Se optó por un aislamiento de recortes de tela provenientes de una fábrica de camperas local. Los recortes son de tela tipo “polar”, de densidades entre 100 y 200 kg/m³, obtenida de reciclado de tereftalato de polietileno (PET) proveniente de botellas plásticas. Se calculó la densidad del aislante situando una cantidad prensada en forma similar en una caja rectangular de volumen conocido, encontrándose una densidad aproximada de 90 kg/m³. Este material aislante se ensayó en un horno a gas con temperaturas de hasta 220°C. Hasta 210°C no se encontró ningún efecto visible en su estructura o textura, y a 220°C comenzó a pegarse a la superficie caliente. El punto de ablandamiento indicado por distintos trabajos para el tereftalato de polietileno está entre 240°C y 270°C, dependiendo de las condiciones de cristalización (Kong y Hay, 2003). Como la temperatura máxima alcanzada dentro de la cocina solar fue de 155°C, el aislante trabaja en condiciones alejadas del punto crítico de ablandamiento.

Al presente desconocemos el coeficiente térmico de esta aislación, sin embargo, los resultados de cocción y temperatura máxima que se informan más abajo, mostraron que la aislación de 80 mm de recortes de tela es adecuada.

El acceso a la cocina se realiza por una puerta lateral posterior, de chapa de acero inoxidable hacia el interior y doble pared aislada. El vidrio es doble, el inferior pegado y el superior apoyado sobre un burlete de goma y fijado con tornillos. De esta manera, el vidrio doble puede limpiarse en caso de empañamiento. La tapa de la cocina es de chapa, con una solapa lateral que protege el vidrio y toda la parte superior de la cocina cuando se cierra. La tapa incorpora un reflector, consistente en un espejo comercial de vidrio con película metálica. El conjunto se montó sobre una mesa metálica móvil fabricada en perfiles y chapa de hierro. La cocina está simplemente apoyada en un encastre sobre la mesa, y puede ser levantada con ayuda de las manijas laterales (ver figuras). Las amplias dimensiones de la mesa soporte permite apoyar utensilios y realizar el manejo de los elementos de cocción con comodidad (ver figuras). El conjunto se pintó con pintura anti óxido color negro.



Figura 1a): Cocina solar, estructura general y reflector con espejo de vidrio metalizado.



Figura 1b): Detalle de la mesa de soporte y del agarre para el movimiento

El ángulo del frente vidriado es de 35 Grados con respecto a la horizontal, el cual es aun levemente mayor al de la cocinas ensayadas previamente (González y Edleson, 2008). Entre los meses de noviembre y febrero, el promedio de la irradiación solar global diaria en Bariloche alcanza valores entre 23,4 MJ/m² (6,5 kWh/m²) y 27 MJ/m² (7,5 kWh/m²), y promedios de heliofanía efectiva entre 8 y 9 horas. Estos valores se encuentran entre los máximos del país (Grossi Gallegos y Righini, 2007), y conducen a que en esos cuatro meses las cocciones solares puedan realizarse sin dificultad con una diversidad de dispositivos. Por ejemplo, una cocina del modelo “Ñancuñán” con ángulo cercano a 0 grados (Esteves et al., 2008) funcionó muy satisfactoriamente entre noviembre y febrero en Bariloche. Sin embargo, la elección de un ángulo mayor permite mejor captación en los meses de setiembre, octubre, marzo y abril, ampliando el rango de utilización. En estos meses el promedio de la irradiación solar se encuentra entre 12,6 MJ/m² (3,5 kWh/m²) y 19,8 MJ/m² (5,5 kWh/m²), y se tienen promedios de heliofanía efectiva entre 5 y 7 horas diarias (Grossi Gallegos y Righini, 2007), con lo cual el vidrio con un ángulo mayor a 30 grados permite captación desde horas tempranas. Con este mismo propósito también se instaló el espejo en el reflector, el cual aumenta la eficiencia de reflexión con respecto a las superficies aluminizadas usadas en modelos anteriores.

Se instaló un canal de evacuación de humedad desde el espacio interior al exterior. Dado el espacio de 80 mm para el aislante esta ventilación debe realizarse en un canal de forma de no humedecer el aislante. El canal se realizó con un tubo metálico soldado, de 6 mm de diámetro de abertura y que atraviesa en forma estanca la doble pared. En las cocinas similares de caja de madera estudiadas previamente, también se notó la conveniencia de alguna ventilación que permita regular la cantidad de humedad interior durante la cocción y horneado (González y Crivelli, 2008).

Costo de materiales y mano de obra

La cocina solar fue construida en Bariloche. La Tabla 1 muestra el detalle de materiales y costos. La caja interior de acero inoxidable es el ítem de mayor costo. En el ítem estructura se incluye la caja externa en chapa de hierro y todos los materiales y mano de obra para la mesa móvil. Los precios del espejo y vidrios son los comerciales habituales. Una cocina similar construida en madera (fibrofácil) pero sin base costaría cerca de \$800 en 2010. Si se agrega una mesa de madera de prestaciones similares a la presente esta tendría un costo estimado de \$400, lo cual sitúa a la cocina metálica en un costo inicial 50% mayor a una opción como las experimentadas previamente (González y Crivelli, 2008). Sin embargo, en la

Tabla 1: detalle de costos de materiales y mano de obra

	Costo materiales	Costo mano de obra
Caja de acero inoxidable	\$300	\$400
Estructura externa y soporte en hierro	\$600	\$600
Espejo	\$ 40	
Vidrio doble	\$ 40	
Aislante	0	
Accesorios (tornillos, pintura, etc.)	\$ 70	
Total	\$1050	\$1000

comparación debería tenerse en cuenta el mantenimiento más frecuente de una cocina construida en fibrofácil. Por ejemplo, en las cocinas presentadas en los trabajos anteriores, al año de uso debieron repararse las sujeciones de las bisagras del reflector, y cambiarse un panel frontal deteriorado por exceso de humedad (costo de \$150 más traslados).

RESULTADOS

Se utilizó la caja solar para la preparación de una diversidad de alimentos cocidos en olla y horneados. Se comenzó a usar la cocina el 10 de marzo, y hasta mediados de abril de 2010. Las temperaturas máximas alcanzadas se encontraron entre 130°C y 155°C. En el invierno, primera semana de agosto, se ensayó la cocina vacía y se obtuvieron 100°C en el aire interior en 2,5 horas, cuando la temperatura externa fue de 4°C. Estas temperaturas son mayores a las obtenidas en cocinas solares similares realizadas en madera y con aislamiento de cartón (González y Crivelli, 2007 y 2008). Una cocina solar del modelo Ñacuñán (Esteves et al., 2008) (nueva sin uso) ensayada en Bariloche en el período de verano registró temperaturas máximas entre 135°C y 155°C. Como primera muestra preliminar, estas comparaciones indican que la cocina solar metálica presentada aquí tiene prestaciones similares a otras de las cuales se conoce confieren temperaturas y tiempos de cocción satisfactorios.

Se observó alta temperatura en la parte lateral superior, debida a la combinación de la radiación solar incidente en la superficie de color negro, y al puente térmico entre la caja interna y externa. Esta pérdida no alcanza a alterar significativamente las prestaciones, pero se estudia la forma de repararla en el futuro. Para evaluar el efecto del espejo reflector, con la cocina vacía y una temperatura máxima de 135°C se midió la variación de temperatura al quitar el aporte del reflector, obteniéndose una disminución de temperatura de 15°C.

Se cocieron en olla una diversidad de alimentos. Algunos de los más notables fueron papas y remolachas cocidas sin agua en el interior de ollas pesadas tipo "Essen". La Figura 2 muestra la cocina con aprovechamiento máximo de ollas y horneado de almendras y castañas de cajú. Al igual que en los experimentos anteriores con las cocinas de madera, se verificó que en Bariloche este tipo de cajas solares son muy convenientes para el tostado de frutos secos y maníes.



Figura 2): Detalles del interior de acero inoxidable, de la puerta de acceso posterior, y de la fijación del vidrio flotante

Se hornearon diversos panes y postres con manzana y pasas de uva, y se realizaron cocciones de tortillas de papas y verduras. En estas cocciones sin tapa se obtuvo condensación leve en el vidrio.

Otros autores han construido y ensayado cocinas solares con cuerpo principal metálico, tipo tambor, y han obtenido buenas prestaciones para la cocción y horneado (Saravia et al., 2003). Sin embargo, en el modelo tambor la cubierta de vidrio y puerta de acceso tienen marco de madera y requerirían una protección especial para el exterior en un clima como el de Bariloche. Las cocinas con caja de madera descritas en González y Crivelli (2007 y 2008) tuvieron daños severos en sólo dos años de uso. Estas cocinas fueron prestadas a pobladores del periurbano para su uso y evaluación, y finalizaron con daños producidos por la humedad y las heladas.

CONCLUSIONES

Se construyó una cocina solar tipo caja adecuada para la instalación permanente en el exterior de una vivienda del periurbano de Bariloche. La caja interna es de acero inoxidable soldada, y está soportada en forma auto portante a una caja externa de hierro. La cocina está apoyada en una mesa móvil con soportes y estructuras también de hierro. La cocina solar tiene un volumen que permite el calentamiento simultáneo de 4 ollas medianas. La aislación térmica en laterales y piso se realizó con retazos de tela usada en fabricación de camperas, localizada en un espacio de 80 mm entre la caja interior y la exterior, con una densidad de 90kg/m³. El vidrio en la abertura de captación es doble, y se equipó con un reflector frontal constituido por un espejo. Este está insertado en una tapa de chapa metálica que cubre la caja por completo. Con esta elección de materiales y configuración el modelo no se ve afectado por la humedad y consecuentes heladas. En los ensayos preliminares en los meses de marzo y abril se obtuvieron resultados satisfactorios en la cocción y horneado de una diversidad de alimentos. Las temperaturas máximas alcanzadas estuvieron en el rango de 130°C a 155°C. El costo total de la cocina en 2010 fue cercano a \$2000, de los cuales el 50% corresponde a mano de obra. El peso es considerable y hace dificultoso el traslado, aunque no la operación de giro para seguimiento solar. Se concluye que el modelo presenta ventajas en cuanto a durabilidad, y prestaciones comparables a modelos similares realizados en madera. De todos modos, el costo y el peso deben tenerse en cuenta como posibles desventajas.

REFERENCIAS

- Esteves A., Buenanueva F., Orduna D., Cuitiño G. (2008). Estudio del comportamiento de hornos solares tipo caja en el tiempo y con la frecuencia de uso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 03.71-03.78
- González A.D., Crivelli E. (2007). Estudio experimental de cocinas solares en las condiciones climáticas de la Patagonia Andina: comportamiento de invierno. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11, comunicación 03.07-03.13
- González A.D., Crivelli E. (2008). Uso de cocinas solares en las condiciones climáticas de Bariloche: resultados en primavera y verano. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 03.23-03.30
- González A.D., Edleson M. (2008). Cocción solar en cajas vidriadas: técnicas y práctica cotidiana para todo tipo de alimentos. Apunte usado en los talleres para construcción de cocinas solares en Bariloche, solicitar una copia electrónica al e-mail gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar
- Grossi Gallegos H., Righini R. (2007). Atlas de energía solar de la República Argentina. Editado por Universidad de Luján y SECYT, ISBN 978-987-9285-36-7
- Kong Y., Hay J.N. (2003). Multiple melting behaviour of polyethylene terephthalate. *Polymer* 44, 623-633
- Saravia L., Caso R., Fernández C. (2003). Cocina solar de construcción sencilla. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7, 03.13-03.17
- SMN, 2010. Servicio Meteorológico Nacional, www.smn.gov.ar

ABSTRACT: A solar cooker design to endure permanent outdoor's location in the suburbs of Bariloche was studied. The solar box was built in metal-sheet double wall, the inner one in stainless steel. The insulation space was filled with recycle fabric. It is provided with a protective lid which also holds a mirror to enhance performance. The cooker has large volume with capacity for four boiling pans, and it was integrated to a movable table for handling convenience. A variety of foods have been prepared in due time, as well as the backing of bread and pastries. Maximum temperatures between 130°C and 155°C were achieved, surpassing the maximum temperatures obtained previously with a similar model made in wood. The cost was high compared with other models, and the weight of the equipment is significant, making difficult to move it to other locations. The option presented here has durability as a primary advantage, but a detailed evaluation of pros and cons should be done to consider it as a choice.

Keywords: Solar cooker – Metal built – Durability – Cold Patagonian climate